

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2001-274072

(43) Date of publication of application : 05.10.2001

---

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 1/16

---

(21) Application number : 2000-088392

(71) Applicant : NEC CORP

(22) Date of filing : 28.03.2000

(72) Inventor : YAMASHITA HIROSHI  
OBA FUMIHIRO

---

(54) MASK FOR ELECTRON BEAM EXPOSURE AND METHOD OF DESIGNING PATTERN THEREOF

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a mask for electron beam exposure which is not deformed easily and by which exposure can be executed with high dimension accuracy even in a cleaning process after forming mask holes, and to provide a method of designing a pattern of the same.

SOLUTION: A mask pattern is divided into lattice-like regions so as to form a checkered pattern, and each region is formed into two complementary masks. At this time, the lattice size of the checkered pattern is determined based on the material used for the mask, the thickness and pattern size of the mask so that displacement due to stresses applied to each position of the mask is lower than a predetermined value. Subsequently, it is judged that a doughnut pattern is found in each region divided into the lattice-like regions forming the checkered pattern. As a result of the judgement, when no doughnut pattern is found in every lattice-like regions, at this time, the mask pattern is determined to set for two complementary masks.

---

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3479024

[Date of registration] 03.10.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The mask for electron beam lithography characterized by opening existing only in one grid-like field among the

grid-like fields which adjoin mutually [ when it divides to the grid-like field of two or more fixed dimensions ].

[Claim 2] The grid-like field where said opening exists is a mask for electron beam lithography according to claim 1 characterized by constituting the checker.

[Claim 3] The 1st opening which exists in the grid-like field which does not adjoin mutually when it divides to the grid-like field of two or more fixed dimensions, The 2nd opening which exists only in one field among the fields which adjoin mutually when the grid-like field where this 1st opening does not exist is divided to plurality with the 2nd dimension smaller than said fixed dimension, The mask for electron beam lithography characterized by opening not existing in said grid-like field to which it \*\*\*\* and said 1st and 2nd openings do not exist.

[Claim 4] Said fixed dimension is a mask for electron beam lithography given in claim 1 characterized by relating and deciding that it will be the mask pattern exposed by the Young's modulus and the thickness list of an ingredient thru/or any 1 term of 3.

[Claim 5] The mask for electron beam lithography which is a mask used for exposure of Rhine - and a - tooth-space-like pattern, and is characterized by having opening of the configuration determined that the variation rate produced with the stress which relates with the width of face, die length, and thickness of the Rhine part, and acts on each location will become under a predetermined value.

[Claim 6] The pattern-design approach of the mask for electron beam lithography characterized by having the process which determines the configuration of said opening that the variation rate produced with the stress which acts on each location in said complementary mask in the pattern-design approach of the mask for electron beam lithography of having the process which assigns a mask pattern to two or more complementary masks after forming opening will become under a predetermined value.

[Claim 7] The process which determines the configuration of said opening is the design approach of the mask for electron beam lithography according to claim 6 characterized by having the process which divides said mask pattern to two or more grid-like fields of a fixed dimension, and the process which assigns the grid-like fields which adjoin mutually to a different complementary mask.

[Claim 8] Said complementary mask is the design approach of the mask for electron beam lithography according to claim 7 which is two or more pieces and is characterized by the assigned grid-like field constituting a checker also in which complementary mask.

[Claim 9] The process which divides said mask pattern is the design approach of the mask for electron beam lithography according to claim 7 or 8 characterized by having the process which relates with said mask pattern and determines the dimension of said grid-like field as the Young's modulus and the thickness list of an ingredient of said complementary mask.

[Claim 10] The process which said mask patterns are Rhine - and a - tooth-space-like pattern, and determines the configuration of said opening is the design approach of the mask for electron beam lithography according to claim 6 characterized by being the process performed by relating with the width of face, die length, and thickness of the Rhine part.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the mask for electron beam lithography which aimed at prevention of deformation of a stencil mask especially, and its pattern-design approach about the mask for electron beam lithography used for the imprint of the detailed pattern in the production process of a semiconductor device etc., and its pattern-design approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the production process of semiconductor integrated circuit equipment, ultra-fine processing technology which draws an integrated-circuit pattern using the focusing beam of charged-particle lines, such as electron beam (EB:electron beam) drawing and an ion beam, is put in practical use. For example, in the electron beam machine, an electron beam is irradiated at the wafer which applied the electrification meridian resist, an integrated-circuit pattern is directly exposed by the electrification meridian resist, and in order to obtain the drawing pattern by the electron beam, EB mask is used. There is a partial one-shot exposure method which carries out contraction projection of the mask pattern, and draws unit fields, such as a memory cell, by package in the electron-beam-lithography technique which used such an

electron beam. Moreover, there is a stencil mask which has a hole for an electron ray to pass, for example as a mask used for the one-shot exposure which bundles up a circuit pattern and irradiates on a wafer, and imprints a circuit pattern.

[0003] However, in a stencil mask, in the field in which all perimeters are surrounded with the mask hole, since the part supporting this field does not exist, the stencil mask which has such a pattern is unproducible. Generally such a trouble is called the doughnut problem.

[0004] Then, to the mask pattern which has a doughnut problem, the stencil mask is conventionally produced by using two masks. The top view showing the mask pattern which drawing 10 (a) is designed and has a doughnut problem, the top view showing an example of a complementary mask to the mask pattern which shows (b) to (a), and (c) are the top views showing other examples of a complementary mask.

[0005] For example, when the mask pattern 20 which consists of opening 20 for Rhine patterns b prepared doughnut pattern 20a as shown in drawing 10 (a), and into it is designed, as shown in drawing 10 (b) The 2nd complementary mask 22 with which mask hole 23c of the remaining one half of doughnut pattern 20a was formed in the 1st complementary mask 21 list in which mask hole 23 of mask hole 23a [ of the one half of doughnut pattern 20a ] and opening 20b for Rhine patterns b was formed is used. Moreover, as shown in drawing 10 (c), the 2nd complementary mask 22 with which mask hole 23e equivalent to the three remaining sides of doughnut pattern 20a was formed in the 1st complementary mask 21 list in which mask hole 23b of 23d of mask holes equivalent to one side of doughnut pattern 20a and opening 20b for the Rhine patterns was formed may be used.

[0006] Thus, it can leave the Rhine pattern which the inside field of doughnut pattern 21a was supported, and was designed in the field by using two complementary masks 21 and 22.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the trouble that deformation of curvature etc. will arise is in the stencil mask with which what can avoid a doughnut problem and can produce a stencil mask was produced by using the above complementary masks 21 and 22. In the 2nd complementary mask 22 which is got blocked, for example, is shown in drawing 10 (b), although the field which extends in the shape of a tongue by using as the supporting point the point on the segment which connects the edge of mask hole 23c is supported, when the reinforcement in the border area is low, deformation of curvature etc., and when deformation is still larger, breakage may be produced to the field which extends in the shape of a tongue. Such deformation will become remarkable with the 2nd complementary mask shown in drawing 10 (c). Moreover, in the 1st complementary mask 21 shown in drawing 10 (b), it may be generated similarly. Such a trouble may be called a tongue problem. Moreover, the edges of a mask pattern approach, and when the part which supports the part prolonged in the shape of [ the ] a tongue is very small, above-mentioned deformation is produced notably. Such a trouble may be called a leaf problem.

[0008] Moreover, it also sets to Rhine - like the bit line of memory, and a word line, and - tooth-space (last shipment) pattern, and the trouble of deformation of a stencil mask is \*\*. The top view in which drawing 11 (a) shows the stencil mask immediately after mask hole formation, and (b) are the top views showing the stencil mask which passed through the washing process after mask hole formation.

[0009] As shown in drawing 11 (b), with the stencil mask 24 for last shipment patterns, in the washing process performed after forming the mask hole 25, the Rhine parts which adjoin each other with the surface tension of pure water etc. contact, and there is a trouble of stopping separating according to intermolecular force.

[0010] If not only a last shipment pattern but deformation occurs at all, the trouble of contact of such Rhine parts is [ fixed ] large and it will take into consideration that exist also in various patterns and a complicated mask pattern will increase from now on, it is very difficult to produce the stencil mask in the present condition.

[0011] This invention is made in view of this trouble, cannot deform easily due to the washing process after mask hole formation etc., and aims at offering the mask for electron beam lithography which can perform exposure with high dimensional accuracy, and its pattern-design approach.

[0012]

[Means for Solving the Problem] The 1st mask for electron beam lithography concerning this invention is characterized by opening existing only in one grid-like field among the grid-like fields which adjoin mutually, when it divides to the grid-like field of two or more fixed dimensions. At this time, the grid-like field where said opening exists can constitute a checker.

[0013] The 1st opening which exists in the grid-like field which does not adjoin mutually when the 2nd mask for electron beam lithography concerning this invention is divided to the grid-like field of two or more fixed dimensions, The 2nd opening which exists only in one field among the fields which adjoin mutually when the grid-like field where this 1st opening does not exist is divided to plurality with the 2nd dimension smaller than said fixed dimension, It \*\*\*\* and is characterized by

opening not existing in said grid-like field to which said 1st and 2nd openings do not exist.

[0014] As opposed to the pattern of a complementary mask having been determined in this invention, only in order to avoid a doughnut problem conventionally Since opening does not exist in the grid-like field to which opening exists only in one grid-like field among the grid-like fields which adjoin mutually, or the 1st and 2nd openings do not exist The part to which deformation becomes large locally does not exist, for example, it is hard to produce deformation of a mask also in the washing process by pure water. Consequently, while the yield of the mask for electron beam lithography will become high, that dimensional accuracy improves.

[0015] In addition, said fixed dimension can be associated and determined as the mask pattern exposed by the Young's modulus and the thickness list of an ingredient.

[0016] The 3rd mask for electron beam lithography concerning this invention is a mask used for exposure of Rhine - and a - tooth-space-like pattern, and is characterized by having opening of the configuration determined that the variation rate produced with the stress which relates with the width of face, die length, and thickness of the Rhine part, and acts on each location will become under a predetermined value.

[0017] In Rhine - and a - tooth-space-like pattern, while the yield of the mask for electron beam lithography will become high by determining that the variation rate which produces the configuration of opening with the stress which acts on each location will become under a predetermined value, the dimensional accuracy improves.

[0018] In the pattern-design approach of the mask for electron beam lithography of having the process which assigns a mask pattern to two or more complementary masks, after the pattern-design approach of the mask for electron beam lithography concerning this invention forms opening, it is characterized by having the process which determines the configuration of said opening that the variation rate produced with the stress which acts on each location in said complementary mask will become under a predetermined value.

[0019] In this invention, the process which determines the configuration of said opening can have the process which divides said mask pattern to two or more grid-like fields of a fixed dimension, and the process which assigns the grid-like fields which adjoin mutually to a different complementary mask, in this case, said complementary mask is two or more pieces, and the assigned grid-like field can constitute a checker also in which complementary mask.

[0020] Moreover, it has the process which relates with said mask pattern and determines the dimension of said grid-like field as the Young's modulus and the thickness list of an ingredient of said complementary mask, and the process which divides said mask pattern can carry out the thing of it.

[0021] Furthermore, said mask patterns are Rhine - and a - tooth-space-like pattern, and the process which determines the configuration of said opening can be made into the process performed by relating with the width of face, die length, and thickness of the Rhine part.

[0022]

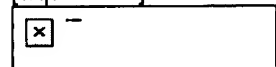
[Embodiment of the Invention] Hereafter, the pattern-design approach of the mask for electron beam lithography concerning the example of this invention is concretely explained with reference to an attached drawing. The 1st example is the pattern-design approach for the mask pattern shown in drawing 10 (a). Drawing 1 is a flow chart which shows the pattern-design approach concerning the 1st example of this invention.

[0023] In the 1st example, the mask pattern shown in drawing 10 (a) be first divided to a checkered grid-like field, and a checkered grid dimension which the variation rate by the stress which act on each location in a mask when a mask be formed in two complementary masks become under a predetermined value about each field be determined based on the ingredient, the thickness, and the pattern dimension of the mask to be used (step S1). It is not necessary to take into consideration especially about whether a doughnut pattern is in a checkered grid-like field at this time.

[0024] For example, in the part used as both-ends supporting beams, such as a last shipment pattern, the maximum displacement delta 1 obtained by the following formula 1 is set that the maximum displacement delta 2 obtained by the following formula 2 becomes under one half of the width of face of opening by the part used as cantilevers, such as the Tampa turn, under one half of the width of face of opening.

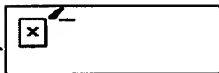
[0025]

[Equation 1]



[0026]

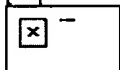
[Equation 2]



[0027] In addition, for the magnitude of a uniformly distributed load, and  $a$ , in a formula 1 and a formula 2, the die length of a beam and  $E$  are [  $P$  / the second moment of area of a beam and  $W$  of the Young's modulus of a mask ingredient and  $I$  ] the weight per unit length of a beam. Moreover, second-moment-of-area  $I$  is expressed with the following formula 3 when thickness of  $b$  and a beam is set to  $t$  for the width of face of a beam.

[0028]

[Equation 3]



[0029] In addition, the setting criteria of the predetermined value of the variation rate in the invention in this application are not limited to these formulas, and can establish the setting criteria based on various empirical formulas etc. For example, the surface tension of the pure water used for washing can be taken into consideration.

[0030] Next, a mask pattern is divided with the grid dimension determined at the above-mentioned process (step S2).

[0031] Subsequently, it judges whether the doughnut pattern exists in the interior about each field divided in the shape of [ checkered ] a grid (step S3).

[0032] If the doughnut pattern exists in [ no ] a grid-like field as a result of this judgment, the pattern in the grid-like field which does not adjoin mutually in the grid-like field divided into the checker at that time is gathered up, and what was able to be gathered up is determined as a mask pattern of two complementary masks, respectively (step S4).

[0033] On the other hand, if there is a grid-like field where a doughnut pattern exists as a result of a judgment, these processes will be repeated, making it the value of the one half of the grid dimension before that, for example until it performs the process to the judgment of doughnut pattern existence from the decision of an above-mentioned grid dimension and a doughnut pattern stops existing by judgment about the field making a checkered grid dimension smaller than the value before that (step S1 thru/or S3).

[0034] And when judgment that a doughnut pattern does not exist in the grid-like field of the lower limit is obtained, the mask pattern set as two complementary masks is determined (step S4). namely, about the grid-like field it was presupposed that a doughnut pattern did not exist by the result of the first judgment About the grid-like field it was presupposed that the pattern in the grid-like field which does not adjoin mutually in the grid-like field then divided into the checker was gathered up, and a doughnut pattern existed What gathered up the pattern in the partition which a sequential partition is carried out and does not adjoin mutually, and was finally able to be gathered up is determined as a mask pattern of two complementary masks, respectively.

[0035] Drawing 2 (a) and (b) are the top views showing the 1st and 2nd complementary masks obtained according to the 1st example, respectively. In the 1st example, since the grid dimension is determined that the variation rate by the stress which acts on each location in a mask will become under a predetermined value, as shown in drawing 2 (a) and (b), also in any of the 1st and 2nd complementary masks 1 and 2, neither a tongue problem nor a leaf problem exists. Moreover, since the existence was judged after that and it has re-divided even if the doughnut problem more than a grid dimension is solved at the time and the doughnut pattern exists in a metaphor grid-like field, since it has divided to the checkered grid-like field, all doughnut problems are solved.

[0036] moreover -- the case where the consistency of the mask hole 3 serves as homogeneity mostly between the 1st and the 2nd complementary mask 1, and 2, and electron beam lithography is performed using the 1st and 2nd complementary masks 1 and 2 as shown in drawing 2 (a) and (b) -- a beam -- since who is almost the same, it becomes almost the same [ coulomb dotage ] and close dimensional accuracy is obtained by the exposed pattern.

[0037] Although an above-mentioned approach is the approach of dividing a pattern and assigning two complementary masks, when a pattern consistency is high, in consideration of the coulomb effectiveness, it may divide a mask pattern into three or more pieces, and may assign it to three or more complementary masks.

[0038] In addition, in many mask patterns, although, as for the consistency, i.e., the pattern consistency, of a mask hole between complementary masks, homogeneity, for example, a bias, becomes less than 10% mostly by dividing to a checkered grid-like field like the 1st example For example, when using three complementary masks, a bias may occur in a pattern consistency only by dividing to a checkered field only in consideration of distribution of the variation rate by a mask ingredient etc. In such a case, in order to make magnitude of coulomb dotage equal, in case a grid dimension is

determined, it is desirable to consider that the bias of a pattern consistency becomes less than 10%.

[0039] Moreover, although it is judging by dividing to a checkered grid-like field again in the 1st example when the doughnut pattern exists in a grid-like field Even if it divides the doughnut pattern in this grid-like field in one half, when the variation rate by the stress which acts on a mask becomes under a predetermined value and a tongue problem does not arise, a doughnut pattern may only be divided to by one half as usual.

[0040] Next, the 2nd example of this invention is explained. Drawing 3 is a flow chart which shows the pattern-design approach concerning the 2nd example of this invention.

[0041] In the 2nd example, a mask pattern is first divided to the checker of a suitable grid dimension based on an experiment or experience, without taking an ingredient, thickness, etc. of a mask into consideration (step S11). Although this grid dimension is 10 thru/or about 40 micrometers, it is not limited to this.

[0042] Next, it judges whether about each grid-like field, the pattern arranged in the field is extracted, and the variation rate by the stress which acts on each location becomes under a predetermined value, and the doughnut pattern exists (step S12).

[0043] If the location beyond a predetermined value does not exist [ a variation rate ] and a doughnut pattern exists [ in / the result of this judgment / no / a field ], the pattern in the grid-like field which does not adjoin mutually in the grid-like field divided into the checker at that time is gathered up, and what was able to be gathered up is determined as a mask pattern of two complementary masks, respectively (step S13).

[0044] On the other hand, when the location beyond a predetermined value exists [ a variation rate ], or when a doughnut pattern exists as a result of a judgment, these processes are repeated until it performs the partition of the suitable above magnitude, and the process of a judgment, for example, and the stress of each location becomes under a predetermined value by judgment and a doughnut pattern is lost about such a grid-like field (steps S11 and S12). The magnitude of a grid dimension here is 1/2 of the grid dimension of a preceding paragraph story that what is necessary is just smaller than it in a preceding paragraph story.

[0045] And when judgment that the variation rate of each location in the grid-like field of the lower limit is under a predetermined value, and a doughnut pattern does not exist is obtained, the mask pattern set as two complementary masks is determined (step S13).

[0046] Thus, also in the obtained complementary mask, the doughnut problem, the tongue problem, and the leaf problem as well as the 1st example are solved. Such an approach is effective when the pattern which it is going to produce is not clarified. Moreover, in the 2nd example, if a grid dimension is determined more smallish in this case, in a subsequent judgment, a variation rate will become under a predetermined value, and it will be supposed more often that a doughnut pattern does not exist. Since an ingredient, thickness, etc. of a mask are not taken into consideration on the other hand in case a grid dimension is determined, depending on a mask pattern, a routing counter can be remarkably reduced by determining a grid dimension as about 5-20 micrometers more smallish.

[0047] In addition, although a pattern consistency will be homogeneity and the difference will be less than 10% mostly automatically in many mask patterns also according to the 2nd example, depending on a mask pattern, a bias may occur in a pattern consistency. In such a case, in order to make coulomb dotage uniform, in case a grid dimension is determined, it is desirable to consider that the bias of a pattern consistency becomes less than 10%.

[0048] Moreover, although it is judging by dividing to a checkered grid-like field again when the location beyond a predetermined value has a variation rate in a grid-like field or the doughnut pattern exists in the 2nd example Even if it divides the doughnut pattern in this grid-like field in one half, when the variation rate by the stress which acts on a mask becomes under a predetermined value and a tongue problem does not arise like the 1st example, a doughnut pattern may only be divided to by one half as usual.

[0049] In addition, in the 1st and 2nd examples, a complicated mask pattern may exist and various criteria types are needed to the variation rate of each location. For this reason, if it hits performing these approaches, the data which table-ized the formula 1 to various patterns or a criteria type like a formula 2 beforehand are stored in the store, and it is desirable to enable it to read this data suitably.

[0050] moreover -- the stencil mask made from silicon whose thickness the 1st and 2nd examples can also be applied to a last shipment (Rhine - and - tooth space) pattern, for example, is 2 micrometers -- a last shipment pattern with a width of face of 0.48 micrometers -- a grid dimension -- 40 micrometers or less and a last shipment pattern with a width of face of 0.40 micrometers -- a grid dimension -- 20 micrometers or less and a last shipment pattern with a width of face of 0.32 microns -- a grid dimension -- 10 micrometers or less -- then, it is good.

[0051] Next, the 3rd example of this invention is explained. The 3rd example is the pattern-design approach for the last

shipment pattern shown in drawing 11 (a). Drawing 4 (a) and (b) are the top views showing the 1st and 2nd complementary masks obtained according to the 3rd example, respectively.

[0052] In the 3rd example, the location and configuration of a mask hole are determined that the variation rate by the stress which acts on each location of a complementary mask will become under a predetermined value to a last shipment pattern. That is, as are shown in a formula 1 and the width of face of the part used as a both-ends supporting beam is wide in a complementary mask, and as the die length of the part is shorter, the maximum serious grade becomes smaller. Then, as shown in drawing 4 (a) and (b), the tooth-space part in the last shipment pattern shown in drawing 11 (a) is distributed to the 1st and 2nd complementary masks 4 and 5 by turns, and, specifically, the mask hole 6 is formed.

[0053] Thus, with the 1st and 2nd complementary masks 4 and 5 produced by the 3rd example, since the tooth-space part of a last shipment pattern is distributed by turns, the width of face of the part of the beam in each complementation masks 4 and 5 becomes larger than it in a mask pattern, and the maximum serious grade becomes small. For this reason, it is prevented that the Rhine sections contact at a subsequent washing process. Moreover, since a pattern consistency is homogeneity between the 1st and the 2nd complementary mask 4, and 5, coulomb dotage is equal.

[0054] In addition, by the last shipment pattern, though natural, it is not necessary to take into consideration a doughnut problem, a tongue problem, and a leaf problem.

[0055] Next, the 4th example of this invention is explained. The 4th example is other pattern-design approaches for the last shipment pattern shown in drawing 11 (a). Drawing 5 (a) and (b) are the top views showing the 1st and 2nd complementary masks obtained according to the 4th example, respectively.

[0056] Also in the 4th example, the location and configuration of a mask hole are determined that the variation rate by the stress which acts on each location of a complementary mask will become under a predetermined value to a last shipment pattern. At this time, the location and configuration of a mask hole can be determined in consideration of the criteria type of a formula 1 like the 3rd example. As shown in drawing 5 (a) and (b), the tooth-space part in the last shipment pattern shown in drawing 11 (a) is divided up and down, an upper half is distributed to the 1st complementary mask 7, a lower half is distributed to the 2nd complementary mask 8, and, specifically, the mask hole 9 is formed.

[0057] Thus, with the 1st and 2nd complementary masks 7 and 8 produced by the 4th example, since the tooth-space part of a last shipment pattern divides up and down and is distributed, the die length of the part of the beam in each complementation masks 7 and 8 serves as half [ in a mask pattern / of that ], and the maximum serious grade becomes small. For this reason, it is prevented that the Rhine sections contact at a subsequent washing process. Moreover, since a pattern consistency is homogeneity between the 1st and the 2nd complementary mask 7, and 8, coulomb dotage is equal.

[0058] In addition, since it is necessary to extract a risk place of contact of the Rhine parts taking place in consideration of an ingredient, a configuration, etc. of a mask to a mask pattern first, the 3rd and 4th examples take long duration as compared with the 2nd example.

[0059] Moreover, in the 1st thru/or the 4th example, when the pattern of a complementary mask is determined based on the criteria type set up beforehand, one opening pattern may be distributed to two complementary masks, consequently a mask hole with very narrow width of face may be set up in a complementary mask. In such a case, since the processing becomes difficult, it is desirable for while to have been distributed and to form a mask hole in the complementary mask of another side. Hereafter, such an approach is called boundary processing. The top view showing the 1st when the top view in which drawing 6 shows some last shipment patterns, drawing 7 (a), and (b) distribute the last shipment pattern shown in drawing 6 , respectively based on a criteria type, and the 2nd complementary mask, drawing 8 (a), and (b) are the top views showing the 1st after boundary processing, and the 2nd complementary mask, respectively.

[0060] Only the case only based on a criteria type, when distributing the last shipment pattern 10 shown in drawing 6 , as shown in drawing 7 (a) and (b), mask hole 13a with very narrow width of face may be assigned to the 1st complementary mask 11, and mask hole 13b with width of face narrow a little may be assigned to the 2nd complementary mask 12. In such a case, since mask hole 13c with wide width of face consists of mask holes 13a and 13b if mask hole 13a is set as the 2nd complementary mask 12 as shown in drawing 8 (a) and (b), a mask hole with narrow width of face disappears from the bi-phase assistant masks 11 and 12, and the processing becomes easy. However, as for a pattern consistency, it is desirable between two complementary masks 11 and 12 to approximate, for example, for a bias to be less than 10%, also in this case.

[0061] Moreover, in the 4th example etc., the technique called multiplex exposure is employable. Drawing 9 (a) and (b) are the top views showing the 1st when adopting multiplex exposure in the last shipment pattern shown in drawing 6 , respectively, and the 2nd complementary mask.

[0062] When adopting multiplex exposure, as shown in drawing 9 (a) and (b), the tooth-space part in the last shipment



pattern shown in drawing 6 is divided up and down, and the end shape by the side of the boundary B of the mask hole 16 in the 1st and 2nd complementary masks 14 and 15 is made into a taper configuration.

[0063] Even if some gap arises in connection of the pattern exposed by adopting such multiplex exposure, the effectiveness that fluctuation of line breadth becomes small is acquired.

[0064] In addition, although the number of the complementary masks to one mask pattern may not be limited to two pieces and may be three or more pieces, since the count of exposure will increase if three or more complementary masks are used, considering as two pieces is desirable [ the number of the viewpoint of a throughput to complementary masks ].

[0065]

[Effect of the Invention] Since the configuration of opening is determined that the variation rate after opening formation will become under a predetermined value according to this invention as explained in full detail above, deformation of a mask can be controlled also in the electron-beam-lithography process which the washing process by pure water, the wearing process to a holder, and a temperature rise produce, for example. For this reason, while raising the yield of the mask for electron beam lithography, that dimensional accuracy can be raised.

[0066] Moreover, by assigning a grid-like field so that a checker may be constituted, a complicated algorithm becomes unnecessary and a design can be made very easy. Furthermore, since a pattern consistency will also become almost uniform between complementary masks, coulomb dotage can become uniform and can also raise the precision of an exposed pattern.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the flow chart which shows the pattern-design approach concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 2] (a) And (b) is the top view showing the 1st and 2nd complementary masks obtained according to the 1st example, respectively.

[Drawing 3] It is the flow chart which shows the pattern-design approach concerning the 2nd example of this invention.

[Drawing 4] (a) And (b) is the top view showing the 1st and 2nd complementary masks obtained according to the 3rd example, respectively.

[Drawing 5] (a) And (b) is the top view showing the 1st and 2nd complementary masks obtained according to the 4th example, respectively.

[Drawing 6] It is the top view showing some last shipment patterns.

[Drawing 7] (a) And (b) is the top view showing the 1st when distributing the last shipment pattern shown in drawing 6 , respectively based on a criteria type, and the 2nd complementary mask.

[Drawing 8] (a) And (b) is the top view showing the 1st after boundary processing, and the 2nd complementary mask, respectively.

[Drawing 9] (a) And (b) is the top view showing the 1st when adopting multiplex exposure in the last shipment pattern shown in drawing 6 , respectively, and the 2nd complementary mask.

[Drawing 10] The top view showing the mask pattern which (a) is designed and has a doughnut problem, and (b) are the top views showing the complementary mask to the mask pattern shown in (a).

[Drawing 11] The top view in which (a) shows the stencil mask immediately after mask hole formation, the top view showing an example of a complementary mask to the mask pattern which shows (b) to (a), and (c) are the top views showing other examples of a complementary mask.

[Drawing 12] It is the top view showing an example of a stencil mask.

[Description of Notations]

1, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 15; complementation mask

3, 6, 9, 13a, 13b, 13c, 16; mask hole

10; mask pattern

---



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-274072

(P2001-274072A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001. 10. 5)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\*(参考)

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 1/16

B 2 H 0 9 5

G 0 3 F 1/16

H 0 1 L 21/30

5 4 1 S 5 F 0 5 6

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-88392(P2000-88392)

(22) 出願日 平成12年3月28日 (2000. 3. 28)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 山下 浩

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 小堀 文博

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100090158

弁理士 藤巻 正憲

Fターム(参考) 2H095 BA08 BB02

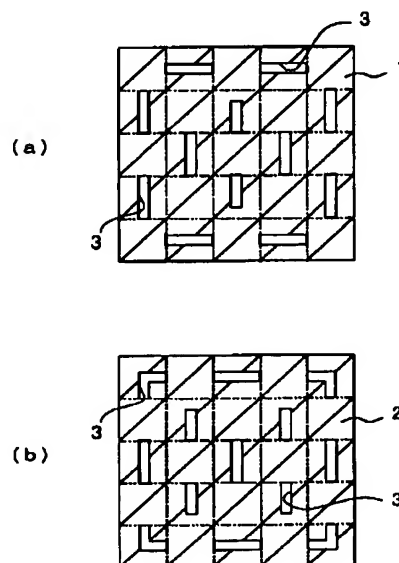
5F056 AA06 AA22 CA02 EA04 FA05

(54) 【発明の名称】 電子線露光用マスク及びそのパターン設計方法

(57) 【要約】

【課題】 マスク孔形成後の洗浄工程等によっても変形しにくく、寸法精度が高い露光を行うことができる電子線露光用マスク及びそのパターン設計方法を提供する。

【解決手段】 マスクパターンを市松模様の格子状領域に区画して各々の領域を2個の相補マスクにマスクを形成したときにマスク内の各位置に作用する応力による変位が所定値未満となるような市松模様の格子寸法を、使用するマスクの材料、厚さ及びパターン寸法に基いて決定する。次いで、市松模様の格子状に区画された各領域について、その内部にドーナツパターンが存在しているか否かを判定する。この判定の結果、どの格子状領域内にもドーナツパターンが存在していなければ、その時点で、2個の相補マスクに設定するマスクパターンを決定する。



1, 2 ; 相補マスク  
3 ; マスク孔

**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 複数個の一定寸法の格子状領域に区画したときに互いに隣接する格子状領域同士間で一方の格子状領域のみに開口部が存在することを特徴とする電子線露光用マスク。

【請求項2】 前記開口部が存在する格子状領域は市松模様を構成していることを特徴とする請求項1に記載の電子線露光用マスク。

【請求項3】 複数個の一定寸法の格子状領域に区画したときに互いに隣接しない格子状領域内に存在する第1の開口部と、この第1の開口部が存在しない格子状領域を前記一定寸法より小さい第2の寸法で複数個に区画したときに互いに隣接する領域同士間で一方の領域のみに存在する第2の開口部と、を有し、前記第1及び第2の開口部が存在しない前記格子状領域には開口部が存在しないことを特徴とする電子線露光用マスク。

【請求項4】 前記一定寸法は、材料のヤング率及び厚さ並びに露光されるマスクパターンに関連づけて決定されたものであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の電子線露光用マスク。

【請求項5】 ライン・アンド・スペース状パターンの露光に使用されるマスクであって、ライン部分の幅、長さ及び厚さに関連づけ各位置に作用する応力によって生じる変位が所定値未満となるように決定された形状の開口部を有することを特徴とする電子線露光用マスク。

【請求項6】 マスクパターンを複数個の相補マスクに割り当てる工程を有する電子線露光用マスクのパターン設計方法において、開口部を形成した後に前記相補マスク内の各位置に作用する応力によって生じる変位が所定値未満となるように前記開口部の形状を決定する工程を有することを特徴とする電子線露光用マスクのパターン設計方法。

【請求項7】 前記開口部の形状を決定する工程は、前記マスクパターンを一定寸法の複数個の格子状領域に区画する工程と、互いに隣接する格子状領域同士を異なる相補マスクに割り当てる工程と、を有することを特徴とする請求項6に記載の電子線露光用マスクの設計方法。

【請求項8】 前記相補マスクは2個以上であり、いずれの相補マスクにおいても、割り当てられた格子状領域が市松模様を構成することを特徴とする請求項7に記載の電子線露光用マスクの設計方法。

【請求項9】 前記マスクパターンを区画する工程は、前記相補マスクの材料のヤング率及び厚さ並びに前記マスクパターンに関連づけて前記格子状領域の寸法を決定する工程を有することを特徴とする請求項7又は8に記載の電子線露光用マスクの設計方法。

【請求項10】 前記マスクパターンはライン・アンド・スペース状パターンであり、前記開口部の形状を決定する工程は、ライン部分の幅、長さ及び厚さに関連づけて行う工程であることを特徴とする請求項6に記載の電

子線露光用マスクの設計方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体デバイスの製造工程における微細パターンの転写等に使用される電子線露光用マスク及びそのパターン設計方法に関し、特に、ステンシルマスクの変形の防止を図った電子線露光用マスク及びそのパターン設計方法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 半導体集積回路装置の製造工程において、電子ビーム（EB：electron beam）描画及びイオンビーム等の荷電粒子線の集束ビームを利用して集積回路パターンを描画する微細加工技術が実用化されている。例えば、電子ビーム露光装置においては、感電子線レジストを塗布したウエハに電子ビームを照射して集積回路パターンが感電子線レジストに直接露光され、電子ビームによる描画パターンを得るためにEBマスクが使用されている。このような電子ビームを使用した電子ビーム描画技術には、マスクパターンを縮小投影してメモリセル等の単位領域を一括で描画する部分一括露光法がある。また、回路パターンを一括してウエハ上に照射する一括露光に使用するマスクとしては、例えば電子線が通過するための孔を有して回路パターンを転写するステンシルマスクがある。

【0003】 しかし、ステンシルマスクにおいては、周囲が全てマスク孔により囲まれている領域ではこの領域を支える部分が存在しないため、このようなパターンを有するステンシルマスクを作製することはできない。このような問題点は、一般にドーナツ問題とよばれている。

【0004】 そこで、従来、ドーナツ問題を有するマスクパターンに対しては、2個のマスクを使用することにより、ステンシルマスクを作製している。図10

（a）は設計されドーナツ問題を有するマスクパターンを示す平面図、（b）は（a）に示すマスクパターンに対する相補マスクの一例を示す平面図、（c）は相補マスクの他の例を示す平面図である。

【0005】 例えば、図10（a）に示すようなドーナツパターン20a及びその中に設けられたラインパターン用開口部20bとからなるマスクパターン20が設計された場合、図10（b）に示すように、ドーナツパターン20aの半分のマスク孔23a及びラインパターン用開口部20bのマスク孔23bが形成された第1の相補マスク21並びにドーナツパターン20aの残りの半分のマスク孔23cが形成された第2の相補マスク22が使用される。また、図10（c）に示すように、ドーナツパターン20aの1辺に相当するマスク孔23d及びラインパターン用開口部20bのマスク孔23bが形成された第1の相補マスク21並びにドーナツパターン20aの残りの3辺に相当するマスク孔23eが形成さ

れた第2の相補マスク22が使用されることもある。

【0006】このように、2個の相補マスク21及び22を使用することにより、ドーナツパターン21aの内側領域が支持され、また、その領域内に設計されたラインパターンを残すことができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のような相補マスク21及び22を使用することにより、ドーナツ問題を回避してステンシルマスクを作製することはできるものの、作製されたステンシルマスクに反り等の変形が生じてしまうという問題点がある。つまり、例えば図10(b)に示す第2の相補マスク22においては、マスク孔23cの端部を結ぶ線分上の点を支点として、舌状に延びる領域が支持されているが、その境界領域における強度が低い場合、舌状に延びる領域に反り等の変形、更には変形が大きい場合には破損を生じることがある。このような変形は、図10(c)に示す第2の相補マスクで顕著なものとなる。また、図10(b)に示す第1の相補マスク21においても同様に生じることがある。このような問題点は、タン問題とよばれることがある。また、マスクパターンの端部同士が近接し、その舌状に延びる部分を支持する部分が極めて小さい場合には、上述の変形は顕著に生じる。このような問題点は、リーフ問題とよばれることがある。

【0008】また、メモリのビット線及びワード線のようなライン・アンド・スペース(L/S)パターンにおいても、ステンシルマスクの変形の問題点がある。図11(a)はマスク孔形成直後のステンシルマスクを示す平面図、(b)はマスク孔形成後に洗浄工程を経たステンシルマスクを示す平面図である。

【0009】図11(b)に示すように、L/Sパターン用のステンシルマスク24では、マスク孔25を形成した後に行われる洗浄工程において、純水等の表面張力により隣り合うライン部分同士が接触し、分子間力により離れなくなってしまうという問題点がある。

【0010】このようなライン部分同士の接触という問題点は、L/Sパターンだけでなく、変形がある一定以上大きければ種々のパターンにおいても存在し、今後、複雑なマスクパターンが増加してくることを考慮すると、現状ではそのステンシルマスクを作製することは極めて困難である。

【0011】本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであって、マスク孔形成後の洗浄工程等によっても変形しにくく、寸法精度が高い露光を行うことができる電子線露光用マスク及びそのパターン設計方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係る第1の電子線露光用マスクは、複数個の一定寸法の格子状領域に区画したときに互いに隣接する格子状領域同士間で一方の

格子状領域のみに開口部が存在することを特徴とする。このとき、前記開口部が存在する格子状領域は市松模様を構成することができる。

【0013】本発明に係る第2の電子線露光用マスクは、複数個の一定寸法の格子状領域に区画したときに互いに隣接しない格子状領域内に存在する第1の開口部と、この第1の開口部が存在しない格子状領域を前記一定寸法より小さい第2の寸法で複数個に区画したときに互いに隣接する領域同士間で一方の領域のみに存在する第2の開口部と、を有し、前記第1及び第2の開口部が存在しない前記格子状領域には開口部が存在しないことを特徴とする。

【0014】本発明においては、従来ドーナツ問題を回避するためのみに相補マスクのパターンが決定されていたのに対し、互いに隣接する格子状領域同士間で一方の格子状領域のみに開口部が存在するか、又は第1及び第2の開口部が存在しない格子状領域には開口部が存在しないので、局部的に変形が大きくなる部分が存在せず、例えば純水による洗浄工程においてもマスクの変形が生じにくい。この結果、電子線露光用マスクの歩留まりが高いものとなると共に、その寸法精度が向上する。

【0015】なお、前記一定寸法を材料のヤング率及び厚さ並びに露光されるマスクパターンに関連づけて決定することができる。

【0016】本発明に係る第3の電子線露光用マスクは、ライン・アンド・スペース状パターンの露光に使用されるマスクであって、ライン部分の幅、長さ及び厚さに関連づけ各位置に作用する応力によって生じる変位が所定値未満となるように決定された形状の開口部を有することを特徴とする。

【0017】ライン・アンド・スペース状パターンにおいて、開口部の形状を各位置に作用する応力によって生じる変位が所定値未満となるように決定することにより、電子線露光用マスクの歩留まりが高いものとなると共に、その寸法精度が向上する。

【0018】本発明に係る電子線露光用マスクのパターン設計方法は、マスクパターンを複数個の相補マスクに割り当てる工程を有する電子線露光用マスクのパターン設計方法において、開口部を形成した後に前記相補マスク内の各位置に作用する応力によって生じる変位が所定値未満となるように前記開口部の形状を決定する工程を有することを特徴とする。

【0019】本発明において、前記開口部の形状を決定する工程は、前記マスクパターンを一定寸法の複数個の格子状領域に区画する工程と、互いに隣接する格子状領域同士を異なる相補マスクに割り当てる工程と、を有することができ、この場合、前記相補マスクは2個以上であり、いずれの相補マスクにおいても、割り当てられた格子状領域が市松模様を構成することができる。

【0020】また、前記マスクパターンを区画する工程

は、前記相補マスクの材料のヤング率及び厚さ並びに前記マスクパターンに関連づけて前記格子状領域の寸法を決定する工程を有することができる。

【0021】更に、前記マスクパターンはライン・アンド・スペース状パターンであり、前記開口部の形状を決定する工程は、ライン部分の幅、長さ及び厚さに関連づけて行う工程とすることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例に係る電子線露光用マスクのパターン設計方法について、添付の図面を参照して具体的に説明する。第1の実施例は、図10(a)に示すマスクパターンに対するパターン設計方法である。図1は本発明の第1の実施例に係るパターン設計方法を示すフローチャートである。

【0023】第1の実施例では、先ず、図10(a)に示すマスクパターンを市松模様の格子状領域に区画して各々の領域を2個の相補マスクにマスクを形成したときにマスク内の各位置に作用する応力による変位が所定値未満となるような市松模様の格子寸法を、使用するマスクの材料、厚さ及びパターン寸法に基づいて決定する(ステップS1)。このとき、市松模様の格子状領域内にドーナツパターンがあるか否かについては、特に考慮する必要はない。

【0024】例えば、L/Sパターン等の両端支持梁となる部分では、下記数式1により得られるその最大変位 $\delta_1$ が開口部の幅の半分未満、タンパターン等の片持梁となる部分では、下記数式2により得られるその最大変位 $\delta_2$ が開口部の幅の半分未満となるように定められている。

【0025】

【数1】

$$\delta_1 = \frac{Pa^3}{48EI} + \frac{5Wa^4}{384EI}$$

【0026】

【数2】

$$\delta_2 = \frac{(P+W)a^4}{8EI}$$

【0027】なお、数式1及び数式2において、Pは等分布荷重の大きさ、aは梁の長さ、Eはマスク材料のヤング率、Iは梁の断面二次モーメント、Wは梁の単位長さ当たりの重量である。また、断面二次モーメントIは、梁の幅をb、梁の厚さをtとすると、下記数式3で表される。

【0028】

【数3】

$$I = \frac{bt^3}{12}$$

【0029】なお、本願発明における変位の所定値の設定基準は、これらの式に限定されるものではなく、種々の実験式等に基づく設定基準を設けることができる。例えば、洗浄に使用する純水の表面張力を考慮することができる。

【0030】次に、マスクパターンを上述の工程で決定された格子寸法で区画する(ステップS2)。

【0031】次いで、市松模様の格子状に区画された各領域について、その内部にドーナツパターンが存在しているか否かを判定する(ステップS3)。

【0032】この判定の結果、どの格子状領域内にもドーナツパターンが存在していなければ、その時点で、市松模様に区切られた格子状領域で互いに隣接しない格子状領域内にあるパターンを寄せ集め、寄せ集められたものを夫々2個の相補マスクのマスクパターンとして決定する(ステップS4)。

【0033】一方、判定の結果、ドーナツパターンが存在する格子状領域があれば、その領域について、例えば上述の格子寸法の決定からドーナツパターン存在の判定までの工程を行い、判定でドーナツパターンが存在しなくなるまで、市松模様の格子寸法をその前の値よりも小さくしながら、例えばその前の格子寸法の半分の値にしながら、これらの工程を繰り返す(ステップS1乃至S3)。

【0034】そして、最小寸法の格子状領域内にドーナツパターンが存在しないという判定が得られた時点で、2個の相補マスクに設定するマスクパターンを決定する(ステップS4)。即ち、最初の判定の結果でドーナツパターンが存在しないとされた格子状領域については、そのまま市松模様に区切られた格子状領域で互いに隣接しない格子状領域内にあるパターンを寄せ集め、ドーナツパターンが存在するとされた格子状領域については、順次区画され互いに隣接しない区画にあるパターンを寄せ集め、最終的に寄せ集められたものを夫々2個の相補マスクのマスクパターンとして決定する。

【0035】図2(a)及び(b)は、夫々第1の実施例により得られる第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。第1の実施例では、マスク内の各位置に作用する応力による変位が所定値未満となるように格子寸法が決定されているので、図2(a)及び(b)に示すように、第1及び第2の相補マスク1、2のいずれにおいても、タン問題及びリーフ問題のいずれも存在しない。また、市松模様の格子状領域に区画しているので、格子寸法以上のドーナツ問題はその時点で解消され、例えば格子状領域内にドーナツパターンが存在していても、その後その有無の判定を行って再区画しているので、全てのドーナツ問題が解消されている。

【0036】また、図2(a)及び(b)に示すように、マスク孔3の密度は第1及び第2の相補マスク1、2間でほぼ均一となっており、第1及び第2の相補マス

ク1、2を使用して電子線露光を行った場合には、ビームだれがほぼ同一なので、クーロンぼけもほとんど同一となり、被露光パターンに高い寸法精度が得られる。

【0037】上述の方法はパターンを分割して2個の相補マスクに割り当てる方法であるが、パターン密度が高い場合には、クーロン効果を考慮し、マスクパターンを3個以上に分割して3個以上の相補マスクに割り当ててもよい。

【0038】なお、多くのマスクパターンにおいては、第1の実施例のような市松模様の格子状領域に区画することにより、相補マスク間のマスク孔の密度、即ちパターン密度はほぼ均一、例えば偏りが10%以内になるが、例えば3個の相補マスクを使用する場合等には、単にマスク材料等による変位の分布を考慮して市松模様の領域に区画するだけでは、パターン密度に偏りが発生する場合がある。このような場合には、クーロンぼけの大きさを等しくするため、格子寸法を決定する際にパターン密度の偏りが10%以内になるように考慮することが望ましい。

【0039】また、第1の実施例においては、格子状領域内にドーナツパターンが存在している場合に、再度市松模様の格子状領域に区画して判定を行っているが、この格子状領域内のドーナツパターンを半分に区画してもマスクに作用する応力による変位が所定値未満となってタン問題が生じないようなときには、従来と同様に、単にドーナツパターンを半分ずつに区画してもよい。

【0040】次に、本発明の第2の実施例について説明する。図3は本発明の第2の実施例に係るパターン設計方法を示すフローチャートである。

【0041】第2の実施例においては、まず、マスクの材料及び厚さ等を考慮することなく、マスクパターンを実験又は経験に基づいた適当な格子寸法の市松模様を区画する(ステップS11)。この格子寸法は、例えば10乃至40 $\mu\text{m}$ 程度であるが、これに限定されるものではない。

【0042】次に、各格子状領域について、その領域内に配されるパターンを抽出し、各位置に作用する応力による変位が所定値未満となり、且つ、ドーナツパターンが存在していないか否かを判定する(ステップS12)。

【0043】この判定の結果、どの領域においても変位が所定値以上の位置が存在せず、且つ、ドーナツパターンが存在しなければ、その時点で、市松模様に区切られた格子状領域で互いに隣接しない格子状領域内にあるパターンを寄せ集め、寄せ集められたものを夫々2個の相補マスクのマスクパターンとして決定する(ステップS13)。

【0044】一方、判定の結果、変位が所定値以上の位置が存在する場合又はドーナツパターンが存在する場合には、そのような格子状領域について、例えば上述のよ

うな適当な大きさの区画及び判定の工程を行い、判定で各位置の応力が所定値未満となり、且つ、ドーナツパターンがなくなるまでこれらの工程を繰り返す(ステップS11及びS12)。ここでの格子寸法の大きさは、前段階におけるそれよりも小さいものであればよく、例えば前段階の格子寸法の1/2である。

【0045】そして、最小寸法の格子状領域内における各位置の変位が所定値未満であり、且つ、ドーナツパターンが存在しないという判定が得られた時点で、2個の相補マスクに設定するマスクパターンを決定する(ステップS13)。

【0046】このようにして得られた相補マスクにおいても、第1の実施例と同様に、ドーナツ問題、タン問題及びリーフ問題が解消されている。このような方法は、作製しようとしているパターンが明らかにされていない場合に有効である。また、第2の実施例においては、この際に小さめに格子寸法を決定すれば、その後の判定において変位が所定値未満になり、且つ、ドーナツパターンが存在しないとされることが多くなる。その一方で、格子寸法を決定する際にはマスクの材料及び厚さ等を考慮していないので、小さめに、例えば5~20 $\mu\text{m}$ 程度に格子寸法を決定することにより、マスクパターンによっては、工程数を著しく低減することができる。

【0047】なお、第2の実施例によっても、多くのマスクパターンにおいては、パターン密度が自動的にほぼ均一、例えばその差が10%以内になるが、マスクパターンによってはパターン密度に偏りが発生する場合もあり得る。このような場合には、クーロンぼけを均一とするため、格子寸法を決定する際にパターン密度の偏りが10%以内になるように考慮することが望ましい。

【0048】また、第2の実施例においては、格子状領域内に変位が所定値以上の位置があるか、又はドーナツパターンが存在している場合に、再度市松模様の格子状領域に区画して判定を行っているが、第1の実施例と同様に、この格子状領域内のドーナツパターンを半分に区画してもマスクに作用する応力による変位が所定値未満となってタン問題が生じないようなときには、従来と同様に、単にドーナツパターンを半分ずつに区画してもよい。

【0049】なお、第1及び第2の実施例においては、複雑なマスクパターンが存在する場合があります、各位置の変位に対して種々の基準式が必要になる。このため、これらの方法を行うにあたっては、予め種々のパターンに対する数式1又は数式2のような基準式をテーブル化したデータを記憶装置に格納しておき、適宜このデータを読み出せるようにしておくことが望ましい。

【0050】また、第1及び第2の実施例は、L/S(ライン・アンド・スペース)パターンに適用することもでき、例えば、厚さが2 $\mu\text{m}$ のシリコン製ステンシルマスクでは、幅0.48 $\mu\text{m}$ のL/Sパターンでは格子

寸法を $40\mu\text{m}$ 以下、幅 $0.40\mu\text{m}$ のL/Sパターンでは格子寸法を $20\mu\text{m}$ 以下、幅 $0.32\mu\text{m}$ のL/Sパターンでは格子寸法を $10\mu\text{m}$ 以下とすればよい。

【0051】次に、本発明の第3の実施例について説明する。第3の実施例は、図11(a)に示すL/Sパターンに対するパターン設計方法である。図4(a)及び(b)は、夫々第3の実施例により得られる第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【0052】第3の実施例においては、L/Sパターンに対して、相補マスクの各位置に作用する応力による変位が所定値未満となるようにマスク孔の位置及び形状を決定する。即ち、数式1に示すように、相補マスクにおいては、両端支持梁となっている部分の幅が広ければ広いほど、また、その部分の長さが短ければ短いほど、最大変位が小さくなる。そこで、具体的には、図4(a)及び(b)に示すように、図11(a)に示すL/Sパターンにおけるスペース部分を第1及び第2の相補マスク4、5に交互に分配してマスク孔6を形成する。

【0053】このように、第3の実施例により作製された第1及び第2の相補マスク4、5では、L/Sパターンのスペース部分が交互に分配されているので、各相補マスク4、5における梁の部分の幅がマスクパターンにおけるそれよりも広くなり、最大変位が小さくなる。このため、その後の洗浄工程でライン部同士が接触することが防止される。また、パターン密度は、第1及び第2の相補マスク4、5間で均一なので、クーロンぼけは等しい。

【0054】なお、L/Sパターンでは、当然ながら、ドーナツ問題、タン問題及びリーフ問題を考慮する必要はない。

【0055】次に、本発明の第4の実施例について説明する。第4の実施例は、図11(a)に示すL/Sパターンに対する他のパターン設計方法である。図5(a)及び(b)は、夫々第4の実施例により得られる第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【0056】第4の実施例においても、L/Sパターンに対して、相補マスクの各位置に作用する応力による変位が所定値未満となるようにマスク孔の位置及び形状を決定する。このとき、第3の実施例と同様に、例えば数式1の基準式を考慮してマスク孔の位置及び形状を決定することができる。具体的には、図5(a)及び(b)に示すように、図11(a)に示すL/Sパターンにおけるスペース部分を上下に区画し、上半分を第1の相補マスク7に分配し、下半分を第2の相補マスク8に分配してマスク孔9を形成する。

【0057】このように、第4の実施例により作製された第1及び第2の相補マスク7、8では、L/Sパターンのスペース部分が上下に区画して分配されているので、各相補マスク7、8における梁の部分の長さがマス

クパターンにおけるその半分となり、最大変位が小さくなる。このため、その後の洗浄工程でライン部同士が接触することが防止される。また、パターン密度は、第1及び第2の相補マスク7、8間で均一なので、クーロンぼけは等しい。

【0058】なお、第3及び第4の実施例では、最初にマスクパターンに対してマスクの材料及び形状等を考慮してライン部分同士の接触が起こりそうな危険箇所を抽出する必要があるので、第2の実施例と比較すると、長時間を要する。

【0059】また、第1乃至第4の実施例では、予め設定された基準式に基づいて相補マスクのパターンを決定した場合、1個の開口パターンが2個の相補マスクに分配され、その結果、相補マスクにおいて、極めて幅が狭いマスク孔が設定される場合がある。このような場合、その加工が困難となるため、分配された一方のマスク孔を他方の相補マスクに形成することが望ましい。以下、このような方法をバウンダリ処理という。図6はL/Sパターンの一部を示す平面図、図7(a)及び(b)は、夫々図6に示すL/Sパターンを基準式に基づいて分配したときの第1及び第2の相補マスクを示す平面図、図8(a)及び(b)は、夫々バウンダリ処理後の第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【0060】図6に示すL/Sパターン10を分配する場合、単に基準式に基づくだけの場合、図7(a)及び(b)に示すように、第1の相補マスク11に極めて幅が狭いマスク孔13aが割り当てられ、第2の相補マスク12に若干幅が狭いマスク孔13bが割り当てられることがある。このような場合、図8(a)及び(b)に示すように、マスク孔13aを第2の相補マスク12に設定すれば、マスク孔13a及び13bから幅が広いマスク孔13cが構成されるので、両相補マスク11、12から幅が狭いマスク孔がなくなり、その加工が容易になる。但し、この場合にも、2個の相補マスク11、12間でパターン密度は近似していること、例えば偏りが10%以内であることが望ましい。

【0061】また、第4の実施例等においては、多重露光とよばれる技術を採用することができる。図9(a)及び(b)は、夫々図6に示すL/Sパターンにおいて多重露光を採用するときの第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【0062】多重露光を採用する場合、図9(a)及び(b)に示すように、図6に示すL/Sパターンにおけるスペース部分を上下に区画し、第1及び第2の相補マスク14、15におけるマスク孔16の境界B側の端部形状をテーパ形状とする。

【0063】このような多重露光を採用することにより、露光されたパターンの接続に若干のずれが生じたとしても、線幅の変動が小さくなるという効果が得られる。

【0064】なお、1個のマスクパターンに対する相補マスクの数は2個に限定されるものではなく、3個以上であってもよいが、3個以上の相補マスクを使用すると露光回数が増加するので、スルーブットの観点から相補マスクの数は2個とすることが望ましい。

【0065】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、開口部形成後の変位が所定値未満となるように開口部の形状を決定しているので、例えば純水による洗浄工程、ホルダへの装着工程及び温度上昇が生じる電子線露光工程等においてもマスクの変形を抑制することができる。このため、電子線露光用マスクの歩留まりを向上させると共に、その寸法精度を向上させることができる。

【0066】また、市松模様を構成するように格子状領域を割り当てることにより、複雑なアルゴリズムが不要となり、設計を極めて容易なものとすることができる。更に、相補マスク間でパターン密度もほぼ均一なものとなるので、クーロンぼけが均一となり被露光パターンの精度を向上させることもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係るパターン設計方法を示すフローチャートである。

【図2】(a)及び(b)は、夫々第1の実施例により得られる第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【図3】本発明の第2の実施例に係るパターン設計方法を示すフローチャートである。

【図4】(a)及び(b)は、夫々第3の実施例により

得られる第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【図5】(a)及び(b)は、夫々第4の実施例により得られる第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【図6】L/Sパターンの一部を示す平面図である。

【図7】(a)及び(b)は、夫々図6に示すL/Sパターンを基準式に基づいて分配したときの第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【図8】(a)及び(b)は、夫々バウンダリ処理後の第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【図9】(a)及び(b)は、夫々図6に示すL/Sパターンにおいて多重露光を採用するときの第1及び第2の相補マスクを示す平面図である。

【図10】(a)は設計されドーナツ問題を有するマスクパターンを示す平面図、(b)は(a)に示すマスクパターンに対する相補マスクを示す平面図である。

【図11】(a)はマスク孔形成直後のステンスルマスクを示す平面図、(b)は(a)に示すマスクパターンに対する相補マスクの一例を示す平面図、(c)は相補マスクの他の例を示す平面図である。

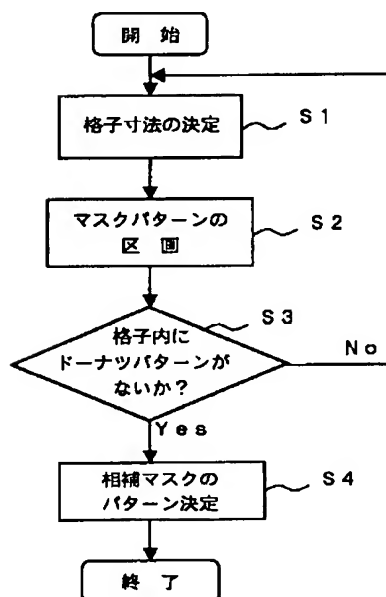
【図12】ステンスルマスクの一例を示す平面図である。

【符号の説明】

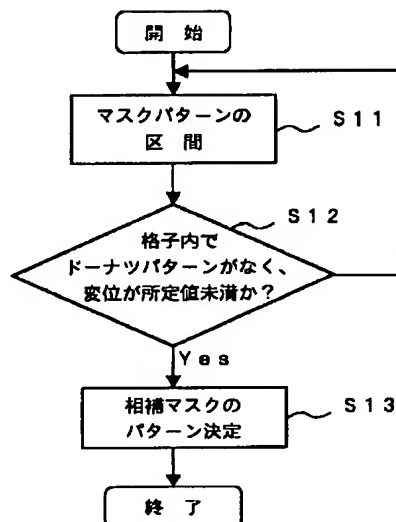
1、2、4、5、7、8、11、12、14、15；相補マスク

3、6、9、13a、13b、13c、16；マスク孔  
10；マスクパターン

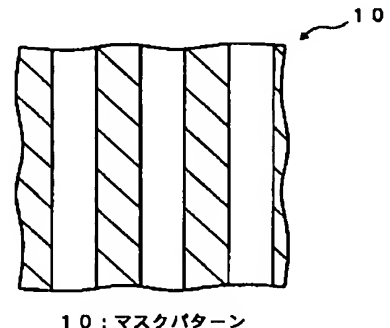
【図1】



【図3】

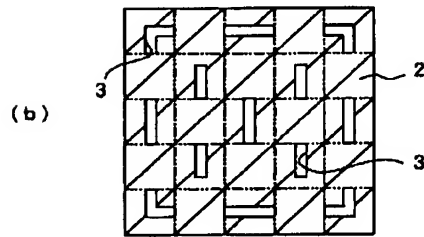
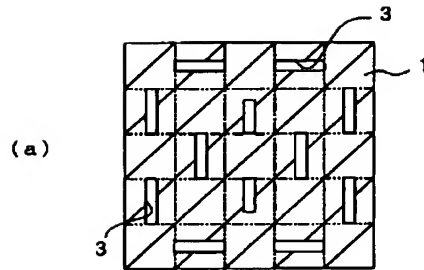


【図6】



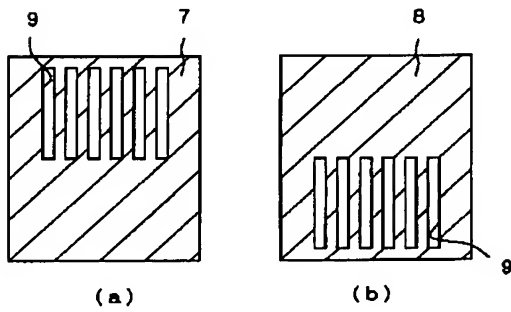


【図2】



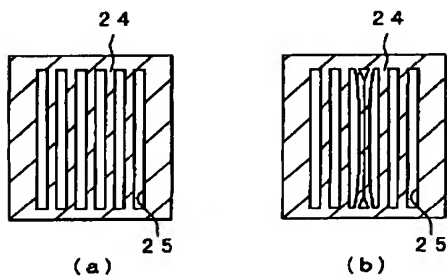
1, 2; 相補マスク  
3; マスク孔

【図5】

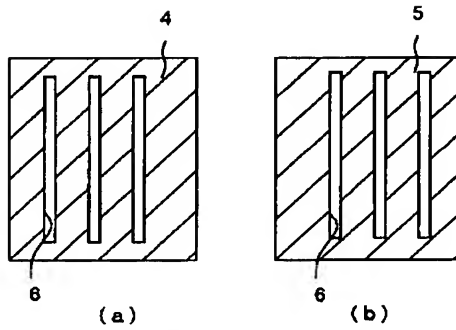


7, 8; 相補マスク  
9; マスク孔

【図11】

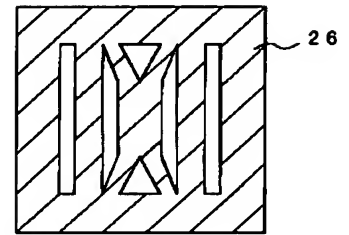


【図4】

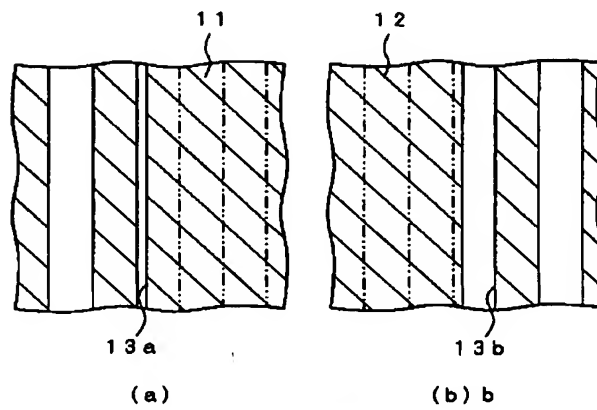


4, 5; 相補マスク  
6; マスク孔

【図12】

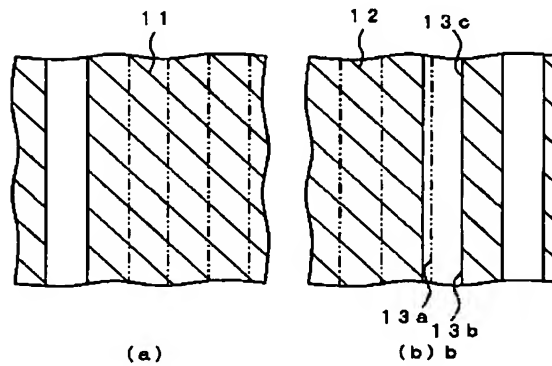


【図7】



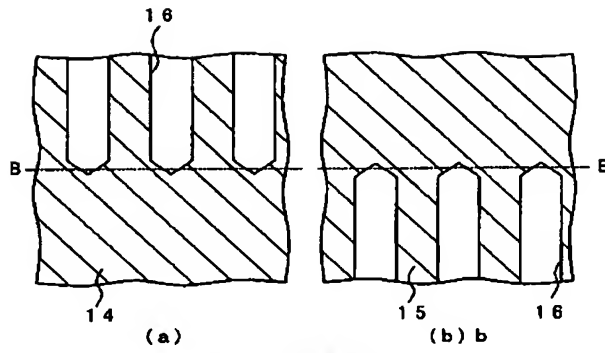
11, 12; 相補マスク  
13a, 13b; マスク孔

【図8】



13c; マスク孔

【図9】



14, 15; 相補マスク  
16; マスク孔

【図10】

